

Information du lecteur



La première partie du document ci-après correspond à la traduction française de la lettre mentionnée dans l'onglet « Information », telle que publiée dans les *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 80, 1672, pp. 3075-3087. Cette lettre, en anglais, constitue la deuxième partie du présent document.

(ci-contre, Isaac Newton)

Une lettre de Mr. Isaac Newton, Professeur de Mathématiques à l'Université de Cambridge ; comprenant sa nouvelle Théorie à propos de la Lumière et des Couleurs : envoyée par l'auteur à l'Éditeur de Cambridge, le 6 Février 1671-72; afin d'être transmise à la Royal Society.

MONSIEUR,

Afin d'accomplir la récente promesse que je vous ai faite, je vais sans plus de cérémonies vous informer qu'au début de l'année 1666 (pendant laquelle je me suis appliqué au polissage de verres optiques ayant d'autres formes que les *sphériques*), je me suis procuré un Prisme de verre Triangulaire, pour essayer sur celui-ci le célèbre *Phénomène des Couleurs*. Et, dans ce but, après avoir obscurci ma chambre et pratiqué un petit trou dans ses volets, pour laisser entrer une quantité donnée de lumière du soleil, je plaçai mon Prisme à l'entrée de la lumière, pour qu'elle puisse être réfractée sur le mur opposé à l'ouverture. Ce fut d'abord un très plaisant divertissement, que de contempler les vives et intenses couleurs ainsi produites; mais après un certain temps, je m'appliquai à les étudier avec plus de prudence, je fus surpris de les voir de forme *oblongue* ; car je m'attendais d'après les lois reconnues de la réfraction à les voir *circulaires*.

Elles étaient limitées sur les côtés par des lignes droites, mais aux extrémités l'atténuation de la lumière était si graduelle qu'il était difficile de déterminer précisément quelle était leur forme ; elles semblaient pourtant *semi-circulaires*.

En comparant la longueur de ce *Spectre* coloré avec sa largeur, je la trouvai cinq fois plus grande, un facteur si étonnant qu'il excita chez moi une curiosité plus forte que d'habitude pour chercher d'où cela pouvait bien provenir. J'avais du mal à penser que l'*Épaisseur* variable du verre, ou la terminaison en ombre ou obscurité puissent avoir tant d'influence sur la lumière pour produire un tel effet ; pourtant je n'écartai pas d'étudier en premier ces causes, et j'essayai ainsi de voir ce qui arrivait en envoyant la lumière à travers des morceaux de verre de différentes épaisseurs, ou à travers des trous de la fenêtre de diverses tailles, ou encore en disposant le Prisme de façon à ce que la lumière le traverse et soit réfractée avant de passer par le trou : Mais je trouvai qu'aucune de ces causes n'étaient plausibles. L'apparence des couleurs était identique dans tous les cas.

Je suspectai alors que les couleurs aient pu être dilatées, soit par une *irrégularité* du verre, soit par une autre anomalie contingente. Et pour tester ceci, je pris un autre Prisme identique au premier et le plaçai de façon que la lumière les traversant tous les deux puisse être réfractée de manière inverse et qu'elle soit ainsi rétablie par le dernier Prisme dans l'état que le premier avait modifié. Car je pensais que, par ce moyen, les effets *réguliers* du premier Prisme seraient détruits par le second, tandis que les effets *irréguliers* seraient augmentés par la multiplicité des réfractions. Le résultat fut que la lumière diffusée par le premier Prisme selon une

forme *oblongue* fut réduite par le deuxième à une forme circulaire, comme si elle ne les avait pas traversés. De sorte que, quelle que fût la cause de cet allongement, ce n'était pas une irrégularité contingente.

Je me mis alors à étudier de manière plus critique les effets de la différence d'incidence des Rayons provenant de différentes parties du Soleil et, dans ce but, je mesurai les nombreux lignes et angles de l'Image. Sa distance au trou ou au Prisme était de 22 pieds (6.7m) ; sa longueur la plus grande était de 13 pouces $\frac{1}{4}$ (33.6 cm) ; sa largeur de 2 pouces $\frac{5}{8}$ (6.66cm) ; le diamètre du trou était d'un quart de pouce (6.35 mm) ; les Rayons faisaient avec ces lignes, lorsqu'ils se dirigeaient vers le milieu de l'image, ce qu'ils eussent fait sans la réfraction, un angle de 44deg. 56'. Et l'Angle vertical du Prisme valait 63deg. 12'. Les angles des Réfractions sur les deux faces du Prisme c'est-à-dire celui du Rayon Incident et celui de l'Émergent étaient égaux, aussi bien que je puisse le régler et valaient environ 54deg. 4'. Et les Rayons tombaient perpendiculairement sur le mur. Si on soustrayait alors le diamètre du trou de la longueur et la largeur de l'Image, il restait une longueur de 13 pouces (33 cm) et une largeur de 2 pouces $\frac{3}{8}$ (6 cm), correspondant à ces rayons qui étaient passés par le centre du trou, et il s'ensuivait que l'angle du trou, que cette largeur sous-tendait, valait environ 31', correspondant au Diamètre du Soleil, tandis que l'angle que sous-tendait la longueur valait plus de 5 fois ce diamètre, à savoir 2deg. 49'.

Ayant fait ces observations, j'ai d'abord calculé à partir de celles-ci le pouvoir réfracteur du verre et l'ai trouvé égal au rapport des *sinus*, 20 sur 31. Et à partir de ce ratio, je calculai les réfractions de deux rayons provenant de deux points diamétralement opposés du *disque* Solaire, ayant donc une différence de 31' dans leur angle d'incidence, et j'en déduis que les Rayons émergents devaient sous-tendre un angle d'environ 31', comme ils le faisaient avant leur incidence.

Mais comme ce calcul était basé sur l'Hypothèse de la proportionnalité des *sinus* d'Incidence et de la Réfraction, je ne pouvais imaginer par ma propre Expérience qu'il fut si erroné pour donner un angle de 31', alors qu'en réalité, il était de 2deg. 49'; aussi ma curiosité me fit reprendre mon Prisme. Et en l'ayant placé à ma fenêtre, comme avant, j'observai qu'en le faisant tourner un peu dans les deux sens autour de son axe, de façon à faire varier l'angle d'incidence de la lumière de 4 à 5 degrés, les Couleurs n'étaient pas sensiblement déplacées de leur position sur le mur et que donc la Réfraction n'était pas sensiblement changée par cette variation d'incidence. A la suite de cette Expérience et du calcul précédent, il était évident que la différence d'Incidence des Rayons provenant de diverses parties du soleil ne pouvait suffire après réfraction à les faire diverger d'un angle sensiblement plus grand que celui avec lequel ils convergeaient auparavant ; c'est-à-dire au plus 31 ou 32 minutes, il y avait donc une autre cause à déterminer, pour expliquer l'angle de 2deg. 49'.

Je commençai alors à me demander si les Rayons, après leur trajectoire à travers le prisme, ne suivaient pas une trajectoire courbe, et si, selon leur plus ou moins grande courbure, ils n'atteignaient pas ainsi différents points du mur. Et ma

suspicion augmenta quand je me rappelai avoir vu souvent décrire une telle courbe par une balle de Tennis frappée obliquement par une raquette.

Car ce coup ayant communiqué à la balle un mouvement de rotation aussi bien que de translation, ses parties du côté où les mouvements s'additionnent doivent presser et chauffer l'air proche plus violemment que de l'autre côté et donc exciter un frottement et une résistance de l'air proportionnellement plus forts. Et pour les mêmes raisons, si les Rayons de lumière pouvaient être des corps globulaires et qu'ils puissent acquérir par leur passage oblique d'un milieu à l'autre un mouvement circulaire, ils pourraient subir une plus grande résistance de l'Éther les environnant du côté où les mouvements s'additionnent et donc être déviés vers l'autre côté. Mais, en dépit de la plausibilité de cette hypothèse, quand j'en vins à l'étudier, je ne pus observer aucune courbure des Rayons. Et d'ailleurs (ce qui suffisait à mon dessein) j'observai que la différence entre la longueur de l'Image et le diamètre du trou à travers lequel était transmise la lumière était proportionnelle à leur distance.

La levée graduelle de ces intuitions me conduisit finalement à l'*Experimentum Crucis*, qui était celle-ci : je pris deux écrans et plaçai l'un d'eux très près derrière le premier Prisme à la fenêtre, en le munissant d'un petit trou par où pouvait passer la lumière qui aboutissait sur le deuxième écran, que j'avais placé à 12 pieds (30 cm) de distance, en ayant pris soin d'y percer aussi un petit trou, pour qu'une partie de la lumière Incidente le traverse. Je plaçai alors un autre Prisme derrière le second écran de façon à ce que la lumière, passant à travers les deux écrans, puisse aussi le traverser et soit ainsi de nouveau réfractée avant d'arriver sur le mur. Ceci fait, je pris dans ma main le premier Prisme et le fis tourner lentement autour de son Axe afin de faire passer les diverses parties de l'Image, projetée sur le second écran, successivement à travers du trou de cet écran de façon à me permettre d'observer les positions sur le mur où le second prisme les réfracte. Et je vis par la variation de ces positions que la lumière, déviée vers l'extrémité de l'Image vers laquelle la réfraction due au premier Prisme la plaçait, subissait dans le second Prisme une Réfraction considérablement plus grande que la lumière déviée vers l'autre extrémité. Et ainsi il apparut sans nul doute que la vraie cause de l'allongement de l'Image était la suivante : la lumière consistait en *Rayons différemment réfrangibles* qui, indépendamment de leur différence d'incidence, étaient, selon leur degré de réfringence, transmis vers les différentes parties du mur.

Quand j'eus compris ceci, je laissai de côté mes travaux de polissage de Verre mentionnés plus haut ; car je voyais que la perfection des Lunettes astronomiques était jusqu'ici limitée non tant par le besoin d'éléments parfaitement réalisés selon les prescriptions des Auteurs de l'Optique (ce que tout le monde pensait jusqu'alors) que parce que la Lumière était un *mélange Hétérogène de Rayons différemment réfrangibles*. De sorte qu'un verre parfaitement taillé pour faire converger une certaine sorte de rayons en un point ne pourrait y faire converger les rayons de même Incidence sur le même Milieu mais qui seraient aptes à subir une réfraction différente. En outre, je m'étonnai, en voyant une différence de réfraction aussi grande

que j'avais trouvée, de ce que les Lunettes aient pu arriver à leur perfection actuelle. Car, en mesurant les réfractions de l'un de mes prismes, j'avais trouvé qu'en supposant que le sinus de l'angle d'incidence sur l'un de ses plans était de 44 unités, le *sinus* de réfraction des derniers Rayons de l'extrémité rouge des Couleurs, sortant du verre dans l'air, serait de 68 unités et le sinus de réfraction des derniers Rayons de l'autre extrémité serait de 69 unités : de sorte que la différence est d'environ la 24^{ème} ou la 25^{ème} partie de la réfraction totale. Et , en conséquence, l'objectif en verre de n'importe quelle Lunette ne peut faire converger tous les rayons provenant d'un point d'un objet vers son foyer en moins d'un espace circulaire, dont le diamètre est égal à la 50^{ème} partie du Diamètre de son Ouverture ; ce qui est une aberration quelques centaines de fois plus grande que celle qu'une Lentille taillée circulairement, d'une section aussi réduite que celle des Objectifs en verre des Longues vues entraînerait du fait de l'imperfection de sa taille, si la Lumière était uniforme.

Ceci me fit prendre en considération les *Réflexions*, et je les trouvai régulières, puisque l'Angle de Réflexion de toutes les sortes de Rayons était égal à leur Angle d'incidence ; je compris alors que, par leur intermédiaire, on pourrait amener les instruments d'Optique à tout degré imaginable de perfection, pourvu qu'on trouve une substance *Réfléchissante* qui pourrait se polir aussi finement que le Verre et qui *réfléchirait* autant de lumière que le Verre en transmet et si on parvenait à lui donner une forme *Parabolique*. Mais tout ceci semblait soulever de grandes difficultés, que je trouvai presque insurmontables quand je considérai en outre que chaque irrégularité des surfaces réfléchissantes déviait les rayons en dehors de leur trajectoire normale 5 ou 6 fois plus que les mêmes irrégularités dans un verre réfracteur : Il faudrait donc une étude plus poussée que dans la taille des verres pour la Réfraction.

Au milieu de ces pensées, je fus éloigné de *Cambridge* par la Survenue de la Peste, et il s'écoula plus de deux ans avant que je me remette à ce projet. Mais, ayant alors pesé à une méthode simple de polissage, adaptée aux métaux, par laquelle j'imaginai que la forme pourrait être obtenue au mieux, je commençai à essayer ce qui pouvait être fait de cette façon et je parvins petit à petit à parfaire un Instrument (identique à l'essentiel à celui que j'ai envoyé à *Londres*) avec lequel je pus discerner 4 Satellites de Jupiter et les montrai plusieurs fois à deux personnes de ma connaissance. Je pus aussi discerner les phases (au sens de la Lune) de *Vénus*, mais de manière peu distincte et au prix de beaucoup d'attention en disposant l'Instrument.

A cette époque, je m'interrompis jusqu'à cet Automne, où je réalisai alors l'autre Instrument. Et comme il était sensiblement meilleur que le premier (spécialement pour les Objets observés de jour) je ne doutai pas qu'il serait amené à une plus grande perfection par ses utilisateurs qui, comme vous m'en informez, prenne soin de lui à *Londres*.

J'ai souvent pensé à faire un *Microscope*, qui, de la même manière, aurait, au lieu d'un objectif en verre, un Réflecteur en métal. Et j'espère qu'ils prendront aussi ceci en considération. Car ces instruments semblent pouvoir être perfectionnés comme les *Lunettes*, et peut-être encore plus, parce qu'une seule pièce réfléchissante

en métal est nécessaire, comme vous pouvez le voir sur le dessin ci-dessous, où A représente Le réflecteur métallique, CD l'oculaire en verre, F leur Foyer commun et O l'autre foyer du réflecteur, où l'on doit placer l'objet.



Mais, pour en finir avec cette digression, j'ajoute que la lumière n'est pas homogène mais est constituée par des Rayons *distincts*, certains d'entre eux étant plus réfrangibles que d'autres : De sorte que, parmi ceux qui sont incidents sous le même angle sur le même milieu, certains seront plus réfractés que d'autres et cela non par une propriété du verre ou une autre cause extérieure, mais à partir de la prédisposition de chaque Rayon particulier à subir un degré particulier de réfraction.

Je vais maintenant vous informer d'une autre différence notable entre les Rayons, dans laquelle se trouve la clé de l'*Origine des Couleurs* : A ce sujet, j'exposerai d'abord la Théorie puis pour sa discussion, je donnerai un exemple ou deux d'*Expériences*, comme un échantillon de la suite.

Vous trouverez la Théorie expliquée et illustrée dans les propositions suivantes.

1. Comme les Rayons de lumière diffèrent par leurs degrés de Réfraction, ils diffèrent aussi par leur faculté à être d'une couleur particulière. Les Couleurs ne sont pas des *propriétés de la Lumière* dérivées des Réfractions ou des Réflexions sur des Corps naturels (comme on le croit généralement) mais des *propriétés Originales et connexes* qui caractérisent les différents Rayons. Certains de ceux-ci sont de couleur rouge et aucun d'autre, certains sont jaunes et aucun autre, certains verts et aucun autre et ainsi de suite. Il n'y a pas seulement des Rayons particuliers pour les couleurs les plus importantes mais au contraire il en est pour tous les stades intermédiaires.

2. Au même degré de Réfraction correspond toujours la même couleur, et à la même couleur correspond toujours le même degré de réfraction. Les *Rayons les moins réfrangibles* sont de couleur rouge, et réciproquement les Rayons qui sont de couleur rouge sont les moins réfractés. Ainsi les *Rayons les plus réfractés* présentent une *Couleur Violette*, et réciproquement ceux qui présentent une telle couleur violette sont les plus réfractés. Et il en va ainsi pour toutes les couleurs intermédiaires en une série continue correspondant à des degrés intermédiaires de réfraction. Et cette Analogie entre couleurs et réfrangibilité est très précise et stricte ; les Rayons ou sont toujours déviés exactement dans les deux cas, ou sont proportionnellement en désaccord dans les deux cas.

3. La couleur et le degré de réfraction propre à une espèce particulière de Rayons ne sont pas modifiables par Réfraction ni par Réflexion sur des matériaux naturels, ni par aucune autre cause que j'ai pu observer jusqu'ici. Quand une certaine sorte de Rayons a été bien séparée de ceux d'un autre genre, elle conserve après cela sa couleur, quels qu'eussent été mes efforts pour la changer. Je l'ai fait réfracter par des Prismes, et se réfléchir sur des Corps qui, à la lumière du jour, étaient d'autres couleurs; je l'ai fait traverser le film coloré d'air compris entre deux plaques de verres très serrées; je l'ai fait traverser des Milieux colorés, et des Milieux irradiés par d'autres sortes de Rayons, se terminant diversement ; et pourtant je n'ai jamais pu obtenir une nouvelle couleur. En se contractant ou se dilatant, le faisceau pouvait devenir plus intense ou plus atténué, et, en perdant de nombreux rayons, devenir dans certains cas très obscur et sombre; mais je ne le vis jamais changer de couleur.

(4.) On peut pourtant obtenir une apparente transmutation des Couleurs, quand il existe un certain mélange de diverses sortes de Rayons. Car dans de tels mélanges, les couleurs composantes n'apparaissent pas comme telles, mais leur mélange les unes avec les autres donne une couleur intermédiaire. Et donc, si par réfraction ou par une des causes énoncées plus haut, les rayons originaux, latents dans un tel mélange, sont séparés, ils émergeront avec des couleurs différentes de celle du mélange.

Ces couleurs ne sont pas Nouvelles mais seulement rendues Apparentes par la décomposition; car si elles sont mélangées de nouveau, elles reconstitueront la couleur qu'elles créaient avant la séparation. Et, pour la même raison, les Transmutation obtenues en associant diverses couleurs ne sont pas réelles ; car quand les rayons qui les composent seront de nouveau séparés, ils montreront les mêmes couleurs qu'ils possédaient avant d'entrer dans la composition ; Comme vous le voyez, des poudres *Bleues* et *Jaunes* apparaissent à l'œil nu *Vertes* quand on les mélange finement, et pourtant les couleurs des particules ne sont pas réellement changées, mais seulement mélangées. Car, quand on les regarde avec un bon Microscope, elles apparaissent juxtaposées mais toujours *Bleues* et *Jaunes*.

5. Il y a donc deux sortes de couleurs. Les unes originales et pures, les autres composées de celles-ci. Les couleurs Originales ou primaires sont le *Rouge*, le *Jaune*, le *Vert*, le *Bleu* et un *Violet-pourpre*, auxquelles s'ajoutent l'*Orange*, l'*Indigo* et un nombre indéterminé de variétés Intermédiaires.

6. Les couleurs du même genre que les primaires peuvent être aussi obtenues par composition : car un mélange de *Jaune* et *Bleu* donne du *Vert* ; celui de *Rouge* et de *Jaune* donne de l'*Orange* ; celui d'*Orange* et de *Vert* *jaune* donne du *Jaune*. Et, en général, si on mélange deux couleurs qui ne sont pas trop distantes l'une de l'autre dans la série de celles séparées par le Prisme, on obtient alors par leur composition la couleur qui apparaît dans la série susdite à mi-chemin entre les deux premières. Mais

celles qui sont situées à une trop grande distance l'une de l'autre ne présentent pas cet effet. L'*Orange* et l'*Indigo* ne produisent pas le Vert intermédiaire, ni l'Écarlate et le Vert le jaune intermédiaire.

7. Mais la plus surprenante et merveilleuse composition est celle de la *Lumière blanche*. Il n'existe pas une sorte de Rayons qui puisse seule la générer. Ce sont toutes les Couleurs primaires citées plus haut, mélangées en des proportions données qui sont nécessaires à sa composition. J'ai souvent regardé avec admiration qu'en faisant converger toutes les Couleurs du Prisme, ce qui les mélange de nouveau comme elles l'étaient dans la lumière avant qu'elle ne soit incidente sur le Prisme, on obtient une lumière entièrement et parfaitement blanche, et pas sensiblement différente de la Lumière directe du Soleil, à moins que les verres que j'utilisais ne fussent suffisamment clairs, car il y avait alors une petite tendance vers leur couleur.

8. Il apparaît donc que le *Blanc* est la couleur usuelle de la Lumière ; car la Lumière est un agrégat désordonné de Rayons de toutes sortes de couleurs, émis par les diverses parties des corps lumineux. Et c'est à partir de cet agrégat désordonné, comme je l'ai dit, qu'est généré le Blanc, s'il y a une proportion correcte des Ingrédients ; mais si l'un d'eux prédomine, la Lumière va se teinter vers cette couleur; comme cela arrive avec la flamme Bleue du soufre ; ou la flamme jaune d'une bougie ; ou les diverses couleurs des étoiles fixes.

9. Ces choses étant prises en considération, la *manière* dont les couleurs sont produites par le Prisme devient évidente. Car comme les Rayons constituant la lumière incidente diffèrent de couleur proportionnellement à leur différence de Réfrangibilité, *ils* seront, grâce à leurs réfractions inégales, séparés et dispersés selon une forme oblongue en une série ordonnée allant de l'Écarlate le moins réfracté jusqu'au Violet le plus réfracté. Et c'est pour les mêmes raisons que ces objets apparaîtront colorés quand on les regarde à travers un Prisme. Car les divers Rayons divergeront à cause de leurs inégales réfractions vers plusieurs parties de la rétine, et y exprimeront des Images d'objets colorés, comme dans le cas précédent où elles formaient les Images du Soleil sur le mur. Et par cette inégalité de réfraction, elles deviennent non seulement colorées mais aussi très confuses et indistinctes.

10. Les couleurs de l'*Arc-en-ciel* qui apparaissent dans les gouttes de pluie s'expliquent aussi par ce qui précède. Car, ces gouttes, qui réfractent les Rayons destinés à apparaître violets en plus grande quantité vers l'œil de l'observateur, réfractent les Rayons d'autre sorte beaucoup moins, les faisant passer à côté du pourpre ; et ce sont les gouttes correspondant à l'intérieur de l'*Arc Primaire* et à l'extérieur de l'*Arc Secondaire* ou externe. Et les gouttes qui réfractent les Rayons rouges vers l'œil de l'observateur réfractent ceux d'une autre sorte beaucoup plus, jusqu'à les faire passer à côté du rouge ; et ce sont les gouttes correspondant à la partie extérieure de l'*Arc Primaire* et à la partie intérieure de l'*Arc Secondaire*.

11. Les curieux Phénomènes observés sur une infusion de *Lignum Nephreticum*, sur les *Feuilles d'or* et les *Fragments de verre coloré* ainsi que sur d'autres objets colorés transparents qui apparaissent selon leur position d'une couleur ou d'une autre ne nous posent plus d'énigmes. Car ces substances sont aptes à réfléchir une sorte de lumière et à en transmettre une autre ; comme on peut l'observer en chambre noire, en les éclairant avec une lumière de cette sorte. Car alors ils apparaissent seulement de la couleur avec laquelle ils sont éclairés, mais plus ou moins éclairés selon leur position, c'est-à-dire selon qu'ils sont plus ou moins disposés pour réfléchir ou transmettre la couleur incidente.

12. Ce qui précède donne aussi la raison d'une Expérience inattendue, que M. Hooke relate dans sa *Micrographie* avoir effectué avec deux récipients en verre transparent en forme de coin, l'un rempli d'une liqueur rouge, l'autre d'une bleue : et bien qu'ils fussent respectivement assez transparents, ils devenaient opaques mis ensemble . Car si l'un transmettait le rouge seulement et l'autre le bleu seulement, aucun rayon ne pouvait traverser l'ensemble des deux.

13. Je pourrais ajouter plus d'exemples de cette nature, mais je conclurais avec un fait plus général, à savoir que les Couleurs de tous les Corps naturels n'ont pas d'autre origine que cela, que ces corps reflètent à des degrés différents une sorte de lumière plutôt qu'une autre. Et j'ai expérimenté ceci dans une Chambre noire en éclairant ces corps avec des lumières non composées de diverses couleurs. Et chaque corps peut apparaître d'une couleur quelconque. Chaque corps n'a pas de couleur particulière, mais apparaît toujours de la couleur de la lumière dirigée sur lui, à ceci près qu'il est plus vif et brillant dans la lumière de la couleur qu'il a à la lumière du jour. Le *Minium* apparaît ainsi d'une couleur indifférente mais les pourtant plus lumineux en rouge, et de même le *Bleu d'Azurite* apparaît d'une couleur indifférente, mais pourtant plus lumineux en bleu. Et ainsi le *Minium* réfléchit des Rayons de toute couleur, mais plus fortement ceux qui sont rouges ; et en conséquence, quand on l'illumine à la lumière du jour, c'est-à-dire avec toutes sortes de Rayons mélangés, ceux caractéristiques du rouge seront plus nombreux dans la lumière réfléchie et par leur prépondérance lui donneront sa couleur. Et pour la même raison, le *Bleu d'Azurite*, réfléchissant le bleu plus intensément, apparaîtra bleu par l'excès de ces Rayons dans la lumière qu'il réfléchit ; et il en est de même pour d'autres corps. Et cela est manifestement la cause entière et satisfaisante de leurs couleurs, puisqu'ils n'ont aucun pouvoir de changer ou d'altérer les couleurs de n'importe quelle sorte de Rayons incidents séparément, mais de toutes les couleurs, avec lesquels ils sont illuminés.

Ceci étant, on ne peut plus contester ni qu'il y ait des couleurs dans le noir, ni qu'elles ne soient des *qualités* des objets que nous voyons, ni peut-être que la Lumière soit un Corps. Car, puisque les Couleurs sont des *Qualités* de la Lumière, ayant ses

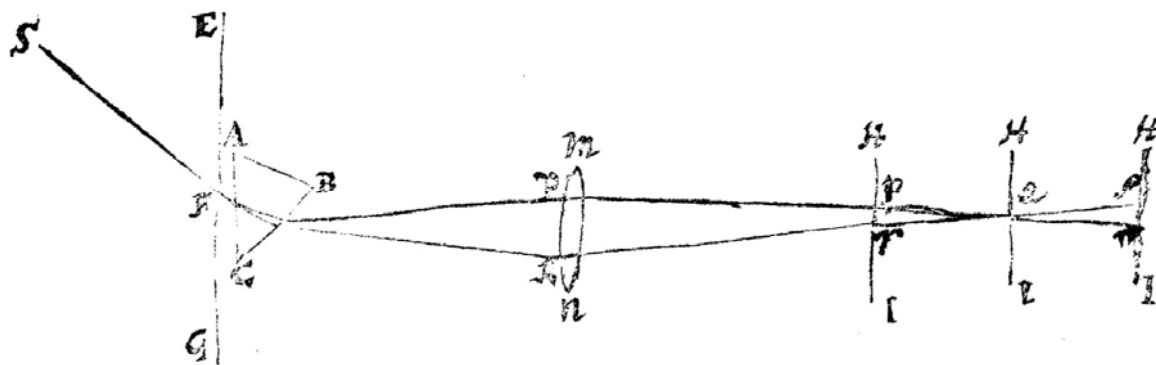
Rayons comme immédiats et entiers sujets, comment pouvons nous penser que ces Rayons soient aussi des qualités, à moins de penser qu'une qualité puisse être le sujet d'une d'elles et être responsable d'une autre, ce qui revient à devoir l'appeler *Substance* aussi. Nous ne devrions pas prendre les Corps pour des substances, sauf s'ils ont des qualités sensibles, et la Principale de celles-ci étant maintenant trouvée due à quelque chose d'autre, nous avons une bonne raison de penser que c'est aussi une Substance.

D'ailleurs, on peut penser que c'est une qualité d'être un agrégat *hétérogène*, comme on a découvert que la Lumière en est un. Mais déterminer plus absolument ce qu'est la Lumière, de quelle manière elle se réfracte, et de quelle façon elle produit dans nos esprits les Sensations des Couleurs est loin d'être aisé. Et je ne voudrais pas mêler conjectures et certitudes.

En reprenant ce que je viens d'écrire, je vois que ce discours mène par lui-même à diverses expériences qui suffisent à le démontrer. Et comme je ne veux pas vous lasser, je n'en décrirai qu'une, que j'ai déjà annoncée plus haut.

Faites dans le volet d'une fenêtre d'une chambre noire un trou dont le diamètre soit d'environ un tiers de pouce (0.8 cm), afin d'admettre une quantité adéquate de lumière du Soleil : placez alors un prisme clair non coloré pour réfracter vers le mur opposé de la Pièce la lumière entrante, qui sera, comme je l'ai dit plus haut, diffusée pour former une Image oblongue colorée. Placez alors à une distance de quatre ou cinq pieds (10 ou 13 cm) de là une *Lentille* d'un rayon d'environ trois pieds (7.6 cm) (c'est par exemple l'Objectif d'une lunette de trois pieds) à travers laquelle toutes ces couleurs peuvent passer en une fois et qui par Réfraction les fera se réunir à une distance d'environ dix ou douze pieds (25 ou 30 cm). Si à cette distance vous interceptez cette lumière avec une feuille de papier blanc, vous verrez à nouveau les couleurs converties en lumière blanche par le mélange. Mais il est nécessaire que le *Prisme* et la *Lentille* soient maintenus stables et que le papier sur lequel se projettent les couleurs doit pouvoir être déplacé d'avant en arrière ; car, grâce à un tel mouvement, vous trouverez à quelle distance la tache blanche est la plus parfaite, mais encore vous verrez comment les couleurs se rejoignent graduellement et se fondent dans la lumière blanche et qu'après s'être croisées ensuite les unes les autres à l'endroit où elles ont reformé la lumière Blanche, elles se séparent de nouveau, et dans l'ordre inverse redonnent les mêmes couleurs qu'elles avaient avant d'être composées. Vous pourrez aussi voir que, si on intercepte une quelconque des couleurs, le Blanc se retransforme en les autres couleurs. Et donc, pour que la recomposition du blanc soit parfaite, il faut prendre garde à ce qu'aucune des couleurs ne tombe en dehors de la Lentille.

Dans le dessin ci-dessous de cette expérience, ABC représente le Prisme vu de côté placé près du trou F de la fenêtre EG.



Il s'avère pratique que son angle au sommet ACB ait une valeur d'environ 60 degrés : MN représente la *Lentille*. Sa largeur est de 2,5 ou 3 pouces (6,3 ou 7,6 cm). SF est une des lignes droites selon lesquelles on peut imaginer que les Rayons composés arrivent successivement du Soleil. FP et FR représentent deux de ces Rayons inégalement réfractés, que la *Lentille* fait converger vers Q et ensuite diverger de nouveau après défocalisation. Et HI est le papier sur lequel, à diverses distances, sont projetées les couleurs : lesquelles reconstituent la lumière Blanche en Q, mais sont *Rouge* et *Jaune* en R,r et Q., *Bleu* et *Pourpre* en P, p et π .

Si vous essayez plus avant de démontrer l'impossibilité de changer aucune couleur séparée (ce que j'ai affirmé dans la troisième Proposition et dans la treizième), cela exige que la Pièce soit extrêmement noire, pour éviter toute lumière diffusée qui, en se mélangeant avec les couleurs, les perturbent et leur rendent leur composition, contrairement au but de l'expérience. Cela exige aussi que la séparation des couleurs soit plus parfaite que celle obtenue d'après la manière décrite ci-dessus à l'aide de la Réfraction d'un unique Prisme et obtenir de telles séparations plus poussées sera rarement difficile pour ceux qui utilisent les lois connues de la Réfraction. Mais si l'expérience est faite avec des couleurs séparées imparfaitement, on observera des effets proportionnels au mélange obtenu. Ainsi, si un tel composé Jaune de la lumière tombe sur du Bleu azurite, celui-ci n'apparaîtra pas parfaitement jaune, mais plutôt vert, parce qu'il y aura dans le mélange jaune beaucoup de rayons verts et que le Vert, moins éloigné du bleu azurite que le jaune, sera plus intensément réfléchi par celui-ci.

De la même façon, si l'une des couleurs obtenue par le Prisme est occultée, afin de démontrer ce qu'on a supposé, l'impossibilité de reproduire cette Couleur à partir des autres dispersées, il est alors nécessaire, ou que les couleurs soient extrêmement bien séparées avant que l'on occulte le rouge, ou qu'on occulte en même temps que le rouge des couleurs voisines dans lesquelles un peu de rouge est secrètement contenu, (il s'agit du jaune, et peut-être aussi du vert), ou encore qu'on ait pris soin de faire émerger du vert jaune le maximum de rouge, qui peut avoir

diffusé et s'être mélangé à ces couleurs. Et si on prend garde à ceci, il sera impossible d'observer une nouvelle Production de Rouge ou d'une autre couleur occultée.

Ceci, je crois, suffit comme Introduction aux Expériences de cette sorte ; et si l'un des membres de la *R.Society* est assez curieux pour les poursuivre, je serai très heureux d'être informé des résultats : et si quelque chose semble défectueux, ou aller à l'encontre de cet exposé, je pourrais avoir l'opportunité de suggérer une autre direction à ce propos, ou de reconnaître mes erreurs, si j'en ai commises.

Outre cette Lettre très Ingénieuse et Savante, qui a été accueillie par cette *Illustre Compagnie*, devant qui on l'a lue, avec de nombreux applaudissements, dus à l'appréciation de certains de ses Membres, férus de ce sujet, le Lecteur pourra s'informer dans une autre *Publication* de quelque rapport sur cette Question.



PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS.

February 19. 1671.

&

The CONTENTS.

A Letter of Mr. Isaac Newton, Mathematick Professor in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: Where Light is declared to be not Similar or Homogeneal, but consisting of difform rays, some of which are more refrangible than others: And Colors are affirm'd to be not Qualifications of Light, deriv'd from Refractions of natural Bodies, (as 'tis generally believed;) but Original and Connate properties, which in divers rays are divers: Where several Observations and Experiments are alledged to prove the said Theory. An Account of some Books: I. A Description of the EAST-INDIAN COASTS, MALABAR, COROMANDEL, CEYLON, &c. in Dutch, by Phil. Baldæus. II. Antonii le Grand INSTITUTIO PHILOSOPHIÆ, secundum principia Renati Des-Cartes; novâ methodo adornata & explicata. III. An Essay to the Advancement of MUSICK; by Thomas Salmon M. A. Advertisement about Thæon Smyrnæus. An Index for the Tracts of the Year 1671.

A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: sent by the Author to the Publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671; in order to be communicated to the R. Society.

S I R,

TO perform my late promise to you, I shall without further ceremony acquaint you, that in the beginning of the Year 1666 (at which time I applyed my self to the grinding of Optick glasses of other figures than *Spherical*;) I procured me a Triangular glass-Prisme, to try therewith the celebrated *Phænomena* of

G g g g

Colours.

Colours. And in order thereto having darkened my chamber, and made a small hole in my window-shuts, to let in a convenient quantity of the Suns light, I placed my *Prisme* at his entrance, that it might be thereby refracted to the opposite wall. It was at first a very pleasing divertisement, to view the vivid and intense colours produced thereby; but after a while applying my self to consider them more circumſpectly, I became ſurprised to ſee them in an *oblong* form; which, according to the received laws of Refraction, I expected ſhould have been *circular*.

They were terminated at the ſides with ſtreight lines, but at the ends, the decay of light was ſo gradual, that it was difficult to determine juſtly, what was their figure; yet they ſeemed *femicircular*.

Comparing the length of this coloured *Spectrum* with its breadth, I found it about five times greater; a diſproportion ſo extravagant, that it excited me to a more then ordinary curioſity of examining, from whence it might proceed. I could ſcarce think, that the various *Thickneſs* of the glaſs, or the termination with ſhadow or darkneſs, could have any Influence on light to produce ſuch an effect; yet I thought it not amiſs, firſt to examine thoſe circumſtances, and ſo tryed, what would happen by transmitting light through parts of the glaſs of divers thickneſſes, or through holes in the window of divers bigneſſes, or by ſetting the *Prisme* without ſo, that the light might paſs through it, and be refracted before it was terminated by the hole: But I found none of thoſe circumſtances material. The faſhion of the colours was in all theſe caſes the ſame.

Then I ſuſpected, whether by any *unevenneſs* in the glaſs, or other contingent irregularity, theſe colours might be thus dilated. And to try this, I took another *Prisme* like the former, and ſo placed it, that the light, paſſing through them both, might be refracted contrary ways, and ſo by the latter returned into that courſe, from which the former had diverted it. For, by this means I thought, the *regular* effects of the firſt *Prisme* would be deſtroyed by the ſecond *Prisme*, but the *irregular* ones more augmented, by the multiplicity of refractions. The event was, that the light, which by the firſt *Prisme* was diffuſed into an *oblong* form, was by the ſecond reduced into an *orbicular* one with as much regularity, as when it did not at all paſs through them. So that, what ever was the cauſe of that length, 'twas not any contingent irregularity.

I then proceeded to examin more critically, what might be effected by the difference of the incidence of Rays coming from divers parts of the Sun; and to that end, measured the several lines and angles, belonging to the Image. Its distance from the hole or Prisme was 22 foot; its utmost length $13\frac{1}{4}$ inches; its breadth $2\frac{1}{8}$; the diameter of the hole $\frac{1}{4}$ of an inch; the angle, with the Rays, tending towards the middle of the image, made with those lines, in which they would have proceeded without refraction, was 44 deg. 56'. And the vertical Angle of the Prisme, 63 deg. 12'. Also the Refractions on both sides the Prisme, that is, of the Incident, and Emergent Rays, were as near, as I could make them, equal, and consequently about 54 deg. 4'. And the Rays fell perpendicularly upon the wall. Now subducting the diameter of the hole from the length and breadth of the Image, there remains 13 Inches the length, and $2\frac{1}{8}$ the breadth, comprehended by those Rays, which passed through the center of the said hole, and consequently the angle of the hole, which that breadth subtended, was about 31', answerable to the Suns Diameter; but the angle, which its length subtended, was more then five such diameters, namely 2 deg. 49'.

Having made these observations, I first computed from them the refractive power of that glass, and found it measured by the *ratio* of the sines, 20 to 31. And then, by that *ratio*, I computed the Refractions of two Rays flowing from opposite parts of the Sun's *discus*, so as to differ 31' in their obliquity of Incidence, and found, that the emergent Rays should have comprehended an angle of about 31', as they did, before they were incident.

But because this computation was founded on the Hypothesis of the proportionality of the *sines* of Incidence, and Refraction, which though by my own Experience I could not imagine to be so erroneous, as to make that Angle but 31', which in reality was 2 deg. 49'; yet my curiosity caused me again to take my Prisme. And having placed it at my window, as before, I observed, that by turning it a little about its *axis* to and fro, so as to vary its obliquity to the light, more then an angle of 4 or 5 degrees, the Colours were not thereby sensibly translated from their place on the wall, and consequently by that variation of Incidence, the quantity of Refraction was not sensibly varied. By this Experiment therefore, as well as by the former computation, it was evident, that the difference of the Incidence of Rays, flowing from divers

parts of the Sun, could not make them after decussation diverge at a sensibly greater angle, than that at which they before converged; which being, at most, but about 31 or 32 minutes, there still remained some other cause to be found out, from whence it could be 2 degr. 49'.

Then I began to suspect, whether the Rays, after their trajectory through the Prisme, did not move in curve lines, and according to their more or less curvity tend to divers parts of the wall. And it increased my suspicion, when I remembered that I had often seen a Tennis ball, struck with an oblique Racket, describe such a curve line. For, a circular as well as a progressive motion being communicated to it by that stroke, its parts on that side, where the motions conspire, must press and beat the contiguous Air more violently than on the other, and there excite a reluctance and reaction of the Air proportionably greater. And for the same reason, if the Rays of light should possibly be globular bodies, and by their oblique passage out of one medium into another acquire a circulating motion, they ought to feel the greater resistance from the ambient Æther, on that side, where the motions conspire, and thence be continually bowed to the other. But notwithstanding this plausible ground of suspicion, when I came to examine it, I could observe no such curvity in them. And besides (which was enough for my purpose) I observed, that the difference 'twixt the length of the Image, and diameter of the hole, through which the light was transmitted, was proportionable to their distance.

The gradual removal of these suspicions, at length led me to the *Experimentum Crucis*, which was this: I took two boards, and placed one of them close behind the Prisme at the window, so that the light might pass through a small hole, made in it for the purpose, and fall on the other board, which I placed at about 12 feet distance, having first made a small hole in it also, for some of that Incident light to pass through. Then I placed another prisme behind this second board, so that the light, trajected through both the boards, might pass through that also, and be again retracted before it arrived at the wall. This done, I took the first Prisme in my hand, and turned it to and fro slowly about its *Axis*, so much as to make the several parts of the Image, cast on the second board, successively pass through the hole in it, that I might observe to what places on the wall the second Prisme would refract them.

And

And I saw by the variation of those places, that the light, tending to that end of the Image, towards which the refraction of the first Prisme was made, did in the second Prisme suffer a Refraction considerably greater then the light tending to the other end. And so the true cause of the length of that Image was detected to be no other, then that *Light* consists of *Rays differently refrangible*, which, without any respect to a difference in their incidence, were, according to their degrees of refrangibility, transmitted towards divers parts of the wall.

When I understood this, I left off my aforesaid Glass works; for I saw, that the perfection of Telescopes was hitherto limited, not so much for want of glasses truly figured according to the prescriptions of Optick Authors, (which all men have hitherto imagined,) as because that Light it self is a *Heterogeneous mixture of differently refrangible Rays*. So that, were a glass so exactly figured, as to collect any one sort of rays into one point, it could not collect those also into the same point, which having the same Incidence upon the same Medium are apt to suffer a different refraction. Nay, I wondered, that seeing the difference of refrangibility was so great, as I found it, Telescopes should arrive to that perfection they are now at. For, measuring the refractions in one of my Prismes, I found, that supposing the common *sine* of Incidence upon one of its planes was 44 parts, the *sine* of refraction of the utmost Rays on the red end of the Colours, made out of the glass into the Air, would be 68 parts, and the *sine* of refraction of the utmost rays on the other end, 69 parts: So that the difference is about a 24th or 25th part of the whole refraction. And consequently, the object-glass of any Telescope cannot collect all the rays, which come from one point of an object, so as to make them convene at its *focus* in less room then in a circular space, whose diameter is the 50th part of the Diameter of its Aperture; which is an irregularity, some hundreds of times greater, then a circularly figured *Lens*, of so small a section as the Object-glasses of long Telescopes are, would cause by the unfitness of its figure, were Light *uniform*.

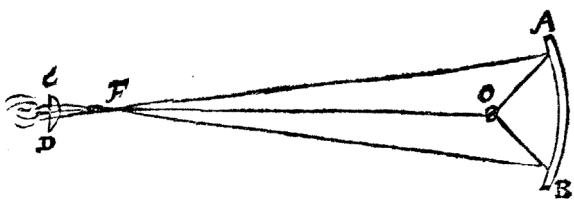
This made me take *Reflections* into consideration, and finding them regular, so that the Angle of Reflection of all sorts of Rays was equal to their Angle of Incidence; I understood, that by their mediation Optick instruments might be brought to any degree of perfection imaginable, provided a *Reflecting* substance could be found,

found, which would polish as finely as Glass, and *reflect* as much light, as glass *transmits*, and the art of communicating to it a *Parabolick* figure be also attained. But there seemed very great difficulties, and I have almost thought them insuperable, when I further considered, that every irregularity in a reflecting superficies makes the rays stray 5 or 6 times more out of their due course, than the like irregularities in a refracting one: So that a much greater curiosity would be here requisite, than in figuring glasses for Refraction.

Amidst these thoughts I was forced from *Cambridge* by the Intervening Plague, and it was more then two years, before I proceeded further. But then having thought on a tender way of polishing, proper for metall, whereby, as I imagined, the figure also would be corrected to the last; I began to try, what might be effected in this kind, and by degrees so far perfected an Instrument (in the essential parts of it like that I sent to *London*,) by which I could discern Jupiters 4 Concomitants, and shewed them divers times to two others of my acquaintance. I could also discern the Moon-like phase of *Venus*, but not very distinctly, nor without some niceness in disposing the Instrument.

From that time I was interrupted till this last Autumn, when I made the other. And as that was sensibly better then the first (especially for Day-Objects,) so I doubt not, but they will be still brought to a much greater perfection by their endeavours, who, as you inform me, are taking care about it at *London*.

I have sometimes thought to make a *Microscope*, which in like manner should have, instead of an Object-glass, a Reflecting piece of metall. And this I hope they will also take into consideration. For those Instruments seem as capable of improvement as *Telescopes*, and perhaps more, because but one reflective piece of metall is requisite in them, as you may perceive by the annexed diagram, where A B representeth the object metall, C D the eye glass, F their common Focus, and O the other focus of the metall, in which the object is placed.



But

But to return from this digression, I told you, that Light is not similar, or homogeneous, but consists of *difform* Rays, some of which are more refrangible than others : So that of those, which are alike incident on the same medium, some shall be more refracted than others, and that not by any virtue of the glass, or other external cause, but from a predisposition, which every particular Ray hath to suffer a particular degree of Refraction.

I shall now proceed to acquaint you with another more notable diffimilarity in its Rays, wherein the *Origin of Colours* is unfolded : Concerning which I shall lay down the *Doctrine* first, and then, for its examination, give you an instance or two of the *Experiments*, as a Specimen of the rest.

The Doctrine you will find comprehended and illustrated in the following propositions.

1. As the Rays of light differ in degrees of Refrangibility, so they also differ in their disposition to exhibit this or that particular colour. Colours are not *Qualifications of Light*, derived from Refractions, or Reflections of natural Bodies (as 'tis generally believed,) but *Original* and *connate properties*, which in divers Rays are divers. Some Rays are disposed to exhibit a red colour and no other; some a yellow and no other, some a green and no other, and so of the rest. Nor are there only Rays proper and particular to the more eminent colours, but even to all their intermediate gradations.

2. To the same degree of Refrangibility ever belongs the same colour; and to the same colour ever belongs the same degree of Refrangibility. The *least Refrangible* Rays are all disposed to exhibit a *Red* colour, and contrarily those Rays, which are disposed to exhibit a *Red* colour, are all the least refrangible : So the *most refrangible* Rays are all disposed to exhibit a deep *Violet-Colour*, and contrarily those which are apt to exhibit such a violet colour, are all the most Refrangible. And so to all the intermediate colours in a continued series belong intermediate degrees of refrangibility. And this Analogy 'twixt colours, and refrangibility, is very precise and strict; the Rays always either exactly agreeing in both, or proportionally disagreeing in both.

3. The species of colour, and degree of Refrangibility proper to any particular sort of Rays, is not mutable by Refraction, nor by Reflection from natural bodies, nor by any other cause, that I could yet observe. When any one sort of Rays hath been well parted

parted from those of other kinds, it hath afterwards obstinately retained its colour, notwithstanding my utmost endeavours to change it. I have refracted it with Prismes, and reflected it with Bodies, which in Day-light were of other colours; I have intercepted it with the coloured film of Air interceding two compressed plates of glass; transmitted it through coloured Mediums, and through Mediums irradiated with other sorts of Rays, and diversly terminated it; and yet could never produce any new colour out of it. It would by contracting or dilating become more brisk, or faint, and by the loss of many Rays, in some cases very obscure and dark; but I could never see it changed *in specie*.

Yet seeming transmutations of Colours may be made, where there is any mixture of divers sorts of Rays. For in such mixtures, the component colours appear not, but, by their mutual allaying each other, constitute a midling colour. And therefore, if by refraction, or any other of the aforesaid causes, the difform Rays, latent in such a mixture, be separated, there shall emerge colours different from the colour of the composition. Which colours are not New generated, but only made Apparent by being parted; for if they be again intirely mix't and blended together, they will again compose that colour, which they did before separation. And for the same reason, Transmutations made by the convening of divers colours are not real; for when the difform Rays are again severed, they will exhibit the very same colours, which they did before they entered the composition: as you see, *Blow* and *Yellow* powders, when finely mixed, appear to the naked eye *Green*, and yet the Colours of the Component corpuscles are not thereby really transmuted, but only blended. For, when viewed with a good Microscope, they still appear *Blow* and *Yellow* interspersedly.

5. There are therefore two sorts of Colours. The one original and simple, the other compounded of these. The Original or primary colours are, *Red*, *Yellow*, *Green*, *Blow*, and a *Violet-purple*, together with *Orange*, *Indico*, and an indefinite variety of Intermediate gradations.

6. The same colours in *Specie* with these Primary ones may be also produced by composition: For, a mixture of *Yellow* and *Blow* makes *Green*; of *Red* and *Yellow* makes *Orange*; of *Orange* and *Yellowish green* makes *yellow*. And in general, if any two Colours be mixed, which in the series of those, generated by the Prisme, are

not

not too far distant one from another, they by their mutual alloy compound that colour, which in the said series appeareth in the mid-way between them. But those, which are situated at too great a distance, do not so. *Orange* and *Indico* produce not the intermediate *Green*, nor *Scarlet* and *Green* the intermediate *yellow*.

7. But the most surprising, and wonderful composition was that of *Whiteness*. There is no one sort of Rays which alone can exhibit this. 'Tis ever compounded, and to its composition are requisite all the aforesaid primary Colours, mixed in a due proportion. I have often with Admiration beheld, that all the Colours of the *Prisme* being made to converge, and thereby to be again mixed as they were in the light before it was Incident upon the *Prisme*, reproduced light, intirely and perfectly white, and not at all sensibly differing from a *direct* Light of the Sun, unless when the glasses, I used, were not sufficiently clear; for then they would a little incline it to *their* colour.

8. Hence therefore it comes to pass, that *Whiteness* is the usual colour of *Light*; for, *Light* is a confused aggregate of Rays indued with all sorts of Colors, as they are promiscuously darted from the various parts of luminous bodies. And of such a confused aggregate, as I said, is generated *Whiteness*, if there be a due proportion of the Ingredients; but if any one predominate, the *Light* must incline to that colour; as it happens in the *Blew* flame of *Brimstone*; the *yellow* flame of a *Candle*; and the various colours of the *Fixed stars*.

9. These things considered, the *manner*, how colours are produced by the *Prisme*, is evident. For, of the Rays, constituting the incident light, since those which differ in Colour proportionally differ in *Refrangibility*, they by their unequal refractions must be severed and dispersed into an oblong form in an orderly succession from the least refracted *Scarlet* to the most refracted *Violet*. And for the same reason it is, that objects, when looked upon through a *Prisme*, appear coloured. For, the difform Rays, by their unequal Refractions, are made to diverge towards several parts of the *Retina*, and there express the Images of things coloured, as in the former case they did the *Sun's* Image upon a wall. And by this inequality of refractions they become not only coloured, but also very confused and indistinct.

10. Why the Colours of the *Rainbow* appear in falling drops
H h h h of

of Rain, is also from hence evident. For, those drops, which refract the Rays, disposed to appear purple, in greatest quantity to the Spectators eye, refract the Rays of other sorts so much less, as to make them pass beside it; and such are the drops on the inside of the *Primary* Bow, and on the outside of the *Secondary* or Exterieur one. So those drops, which refract in greatest plenty the Rays, apt to appear red, toward the Spectators eye, refract those of other sorts so much more, as to make them pass beside it; and such are the drops on the exterior part of the *Primary*, and interior part of the *Secondary* Bow.

11. The odd Phænomena of an infusion of *Lignum Nephriticum*, *Leaf gold*, *Fragments of coloured glass*, and some other transparently coloured bodies, appearing in one position of one colour, and of another in another, are on these grounds no longer riddles. For, those are substances apt to reflect one sort of light and transmit another; as may be seen in a dark room, by illuminating them with similar or uncompounded light. For, then they appear of that colour only, with which they are illuminated, but yet in one position more vivid and luminous than in another, accordingly as they are disposed more or less to reflect or transmit the incident colour.

12. From hence also is manifest the reason of an unexpected Experiment, which Mr. *Hook* somewhere in his *Micrography* relates to have made with two wedg-like transparent vessels, fill'd the one with a red, the other with a blew liquor: namely, that though they were severally transparent enough, yet both together became opaque; For, if one transmitted only red, and the other only blew, no rays could pass through both.

13. I might add more instances of this nature, but I shall conclude with this general one, that the Colours of all natural Bodies have no other origin than this, that they are variously qualified to reflect one sort of light in greater plenty than another. And this I have experimented in a dark Room by illuminating those bodies with uncompounded light of divers colours. For by that means any body may be made to appear of any colour. They have there no appropriate colour, but ever appear of the colour of the light cast upon them, but yet with this difference, that they are most brisk and vivid in the light of their own daylight-colour. *Minium* appeareth there of any colour indifferently, with which 'tis illustrated, but yet most luminous in red, and so

Bise appeareth indifferently of any colour with which 'tis illustrated, but yet most luminous in blew. And therefore *Minium* reflecteth Rays of any colour, but most copiously those indued with red; and consequently when illustrated with day-light, that is, with all sorts of Rays promiscuously blended, those qualified with red shall abound most in the reflected light, and by their prevalence cause it to appear of that colour. And for the same reason *Bise*, reflecting blew most copiously, shall appear blew by the excess of those Rays in its reflected light; and the like of other bodies. And that this is the intire and adequate cause of their colours, is manifest, because they have no power to change or alter the colours of any sort of Rays incident apart, but put on all colours indifferently, with which they are inlightened.

These things being so, it can be no longer disputed, whether there be colours in the dark, nor whether they be the qualities of the objects we see, no nor perhaps, whether Light be a Body. For, since Colours are the *qualities* of Light, having its Rays for their intire and immediate subject, how can we think those Rays *qualities* also, unless one quality may be the subject of and sustain another; which in effect is to call it *Substance*. We should not know Bodies for substances, were it not for their sensible qualities, and the Principal of those being now found due to something else, we have as good reason to believe that to be a Substance also.

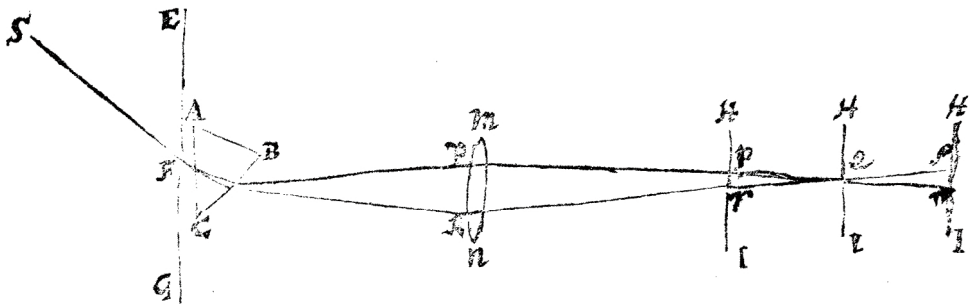
Besides, whoever thought any quality to be a *heterogeneous* aggregate, such as Light is discovered to be. But, to determine more absolutely, what Light is, after what manner refracted, and by what modes or actions it produceth in our minds the Phantasms of Colours, is not so easie. And I shall not mingle conjectures with certainties.

Reviewing what I have written, I see the discourse it self will lead to divers Experiments sufficient for its examination: And therefore I shall not trouble you further, than to describe one of those, which I have already insinuated.

In a darkened Room make a hole in the shut of a window, whose diameter may conveniently be about a third part of an inch, to admit a convenient quantity of the Suns light: And there place a clear and colourless Prisme, to refract the entring light towards the further part of the Room, which, as I said, will thereby be diffused into an oblong coloured Image. Then place a *Lens* of

about three foot radius (suppose a broad Object-glass of a three foot Telescope,) at the distance of about four or five foot from thence, through which all those colours may at once be transmitted, and made by its Refraction to convene at a further distance of about ten or twelve feet. If at that distance you intercept this light with a sheet of white paper, you will see the colours converted into whiteness again by being mingled. But it is requisite, that the *Prisme* and *Lens* be placed steddy, and that the paper, on which the colours are cast, be moved to and fro; for, by such motion, you will not only find, at what distance the whiteness is most perfect, but also see, how the colours gradually convene, and vanish into whiteness, and afterwards having crossed one another in that place where they compound Whiteness, are again dissipated, and severed, and in an inverted order retain the same colours, which they had before they entered the composition. You may also see, that, if any of the Colours at the *Lens* be intercepted, the Whiteness will be changed into the other colours. And therefore, that the composition of whiteness be perfect, care must be taken, that none of the colours fall besides the *Lens*.

In the annexed design of this Experiment, A B C expresseth the Prism set endwise to light, close by the hole F of the window



E G. Its vertical Angle A C B may conveniently be about 60 degrees: M N designeth the *Lens*. Its breadth $2\frac{1}{2}$ or 3 inches. S F one of the straight lines, in which difform Rays may be conceived to flow successively from the Sun. F P, and F R two of those Rays unequally refracted, which the *Lens* makes to converge towards Q, and after decussation to diverge again. And H I the paper, at divers distances, on which the colours are projected: which in Q constitute *Whiteness*, but are *Red* and *Yellow* in R, r, and s, and *Blue* and *Purple* in P, p, and π .

If you proceed further to try the impossibility of changing any uncompounded colour (which I have asserted in the third and thirteenth Propositions,) 'tis requisite that the Room be made very dark, least any scattering light, mixing with the colour, disturb and allay it, and render it compound, contrary to the design of the Experiment. 'Tis also requisite, that there be a perfecter separation of the Colours, than, after the manner above described, can be made by the Refraction of one single Prism, and how to make such further separations, will scarce be difficult to them, that consider the discovered laws of Refractions. But if tryal shall be made with colours not thoroughly separated, there must be allowed changes proportionable to the mixture. Thus if compound Yellow light fall upon Blew *Bise*, the *Bise* will not appear perfectly yellow, but rather green, because there are in the yellow mixture many rays indued with green, and Green being less remote from the usual blew colour of *Bise* than yellow, is the more copiously reflected by it.

In like manner, if any one of the Prismatick colours, suppose Red, be intercepted, on design to try the asserted impossibility of reproducing that Colour out of the others which are pretermitted; 'tis necessary, either that the colours be very well parted before the red be intercepted, or that together with the red the neighbouring colours, into which any red is secretly dispersed, (that is, the yellow, and perhaps green too) be intercepted; or else, that allowance be made for the emerging of so much red out of the yellow green, as may possibly have been diffused, and scatteringly blended in those colours. And if these things be observed, the new Production of Red, or any intercepted colour will be found impossible.

This, I conceive, is enough for an Introduction to Experiments of this kind; which if any of the *R. Society* shall be so curious as to prosecute, I should be very glad to be informed with what success: That, if any thing seem to be defective, or to thwart this relation, I may have an opportunity of giving further direction about it, or of acknowledging my errors, if I have committed any.

So far this Learned and very Ingenious Letter; which having been by that *Illustrious Company*, before whom it was read, with much applause committed to the consideration of some of their Fellows, well versed in this argument, the Reader may possibly in an other *Treat* be informed of some report given in upon this Discourse.

Ar.